



NTNU – Trondheim
Norwegian University of
Science and Technology

Oppgradering av anlegg fra PLS til microcontroller, vår 2022

Upgrading pneumatic system from PLC to microcontroller,
spring 2022

Bjørn Arne Berg

Innleveringsdato:

Juni 2022

Veileder:

Kristine Thevik,

Norwegian University of Science and Technology

Institutt for maskinteknikk og logistikk

Studieprogram, Konstruksjonsteknikk

	Sammendrag.....	i
	Abstract.....	i
1	Innledning.....	1
1.1	NTNU.....	1
1.2	Riggen.....	1
1.3	Problemstilling.....	2
1.4	Valg av oppgave.....	3
2	Teori.....	4
2.1	Det elektriske anlegget.....	5
2.1.1	DIL-rele.....	6
2.1.2	Spenningsdeler.....	7
2.1.3	Arduino Mega.....	8
2.1.4	Sensorer.....	9
2.2	Det pneumatiske anlegget.....	9
2.2.1	Kompressor.....	9
2.2.2	Ventiler.....	10
2.2.3	Pneumatiske sylindere.....	12
3	Metode.....	14
3.1.	Tilordningsliste.....	15
3.2.	Nedregulering/oppregulering av spenning.....	16
3.3.	Koblingsskjema, elektrisk.....	18
3.4.	Pneumatikk.....	19
3.4.1.	Pneumatisk koblingsskjema.....	19
3.5.	Oppkobling av elektrisk anlegg.....	20
4	Drøfting.....	21
5	Avslutning.....	24
6	Kildehenvisninger.....	25

Sammendrag

Oppgaven går ut på å få en pneumatisk rigg, i form av en liten-skala plukkrobot, integrert med en Arduino mikrokontroller. Det er ikke en del av oppgaven å programmere. Tidligere har det vært et styringssystem bestående av en Mitsubishi og en Siemens PLS (Programmerbar Logisk Styring). Disse er nå fjernet fra riggen.

Først ble det sjekket om riggen fungerte, etter en del kobling med ledninger, dette ble gjort uten mikrokontroller. Det ble funnet at alt fungerte, både pneumatisk og elektrisk.

Deretter ble riggen koblet opp med de utfordringer det medførte, med en Arduino mikrokontroller. Den største utfordringen var hva som måtte til for å få 24 Volts-anlegget til å fungere med en mikrokontroller som krever 5 Volt. Løsningen ble koble inn en spenningsdeler før mikrokontrolleren, da ble det 5 Volt inn på Arduinoen. For å få spenningen opp igjen, etter ut-porten på Arduinoen, ble et DIL (dual-inline) rele benyttet. Releet har en styrespenning på 5 Volt, som når det trigges, slår kontaktene sammen. Da går hovedspenningen på 24 Volt inn på spolene som styrer ventilene, som i sin tur aktiverer gjeldende sylinder på riggen. Etter oppkobling fungerte alt, det ble testet ved å aktivere ut-portene på mikrokontrolleren.

Abstract

The task is to get a pneumatic rig, in the form of a small-scale pickbot, integrated with an Arduino microcontroller. It is not a part of the assignment to program the Arduino. Prior to the assignment a Mitsubishi and a Siemens PLC were mounted on the. These were removed from the rig. First task was to check if the rig was working without any controller mounted. Everything was working, both pneumatically and electrically. Later the rig was coupled to an Arduino microcontroller. The greatest challenge during the assignment, was to figure out what had to be done to get the 24 Volt system to work with a microcontroller that needs 5 Volts. The solution, was to get a voltage-divider coupled in before the microcontroller. That made it possible to get 5 Volts into the Arduino. To get the voltage up again, after the OUT-gate on, a DIL (dual-inline) relay was used. The relay is controlled by the 5 Volt part. When it is triggered the points make contact. Then the main voltage of 24 Volts reaches the coils, that is in control of the valves. Then the cylinder is activated. After the coupling of the electrics, everything worked fine. It was tested by activating each out-port on the Arduino.

1. Innledning

1.1 NTNU

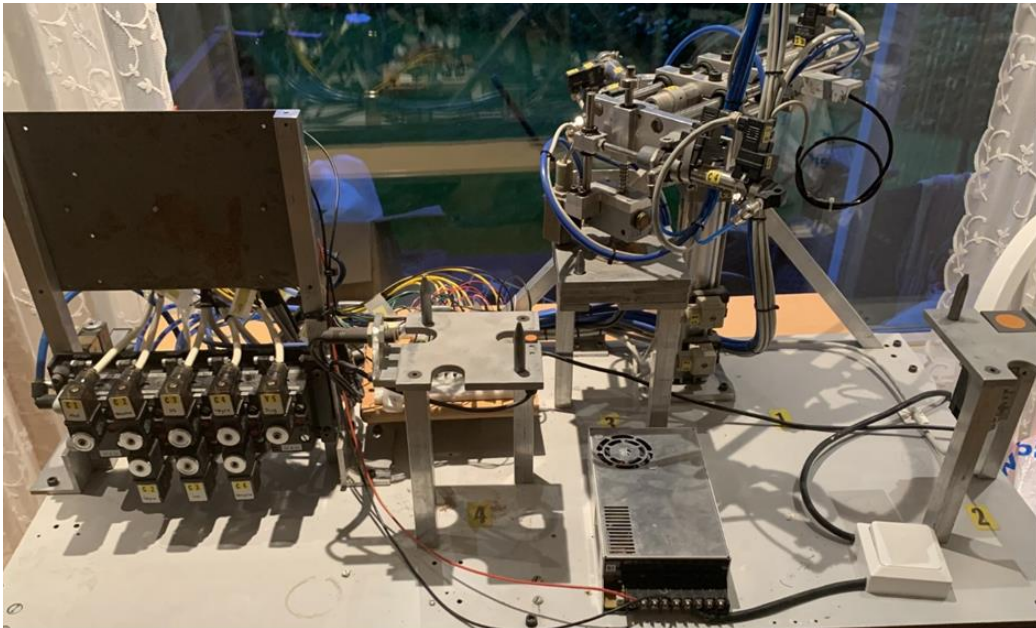
Oppgaven består i å modernisere og oppgradere en rigg fra PLS-styring til styring med microcontroller i form av en Arduino Mega.

Oppgaven er gitt av NTNU, ved veileder Kristine Thevik.

Institutt for maskinteknikk og produksjon

Studieprogram, Konstruksjonsteknikk

1.2 Rigger



Bildet viser riggen etter at alt er koblet opp, når den fysiske biten av oppgaven var ferdig.

Riggeren er laget av en tidligere lærer på instituttet. Opprinnelig ble den laget i utdanningsøyemed.

Bildet viser riggen etter at alt er koblet opp, når den fysiske biten av oppgaven var ferdig. Opprinnelig ble den laget i utdanningsøyemed.

Den er laget som en liten-skala automatisert plukkrobot. Den plukker opp aluminiumplater, det er tre st. av disse, og forflytter platene mellom tre plattformer. Den kan starte med 3 plater på en plattform

og automatisk plassere ut platene på forskjellige måter på de to forskjellige plattformene. Riggen kan programmeres til å gjøre dette på flere måter, ved hjelp av styring med Arduinoen eller mikrokontrolleren (senere i oppgaven blir den kalt en av delene).

Riggen består av et system med pneumatiske sylindere med designerte oppgaver. En kompressor sørger for nødvendig luft. Det er fire pneumatiske sylindere. En sylinder styrer alt som skjer i z-dimensjonen og et samspill av de resterende sylindrene, bestemmer hva som skjer i x og y-dimensjonene. Armen som plukker opp platene, har en sugeskopp på enden. Denne styres også av trykkluft, men her anvendes venturieffekten (simscale, 2021), noe som gir et vakuum og dermed suger opp platene, når programmet tilsier det.

Det er 16 sensorer på sylindere og plattformer, som sender signaler til mikrokontrolleren. Noe som forteller hvor mange plater som er på hver plattform. Sensorene på sylindrene sender signaler, forteller om sylinderen er i ytre posisjon (høy), eller indre posisjon (lav).

I tillegg er det led-lys på sensorene, som viser om de er aktive eller ikke.

I utgangspunktet ble dette styrt ved hjelp av PLS (Programmerbar logisk styring).

Da bachelorstudenten mottok riggen var pls-ene fjernet fra systemet og det var en god del løse ledninger.

Riggen skal oppgraderes med en mikrokontroller, en Arduino Mega.

1.3 Problemstilling

Utfordringen med dette anlegget er å finne en løsning som fungerer på samme måte som når det ble styrt med PLS. Med Arduino er det stor sannsynlighet for at det skal fungere, men selve programmeringen av mikrokontrolleren er ikke en del av denne oppgaven.

Slik riggen står i dag er det en god del som må gjøres for å få den til å fungere etter planen. Oppgaven hadde vært litt enklere dersom PLS-ene hadde vært påmontert. Da den er nedplukket er det en del leting og måling som skal til. Utfordringene består i hovedsak av det elektriske. Strømnettet er på 240 Volt, anlegget er på 24 Volt. Arduinoen krever 5 Volt.

Nødvendige tiltak:

1. Spenningen inn på anlegget må reduseres fra 240 Volt til 24 Volt.
2. Spenningen fra sensorene på 24 Volt må reduseres før de kjøres inn på mikrokontrolleren.

Planen er å bruke en spenningsdeler, som gjør om 24 Volt til 5 Volt.

3.

Spenningen fra mikrokontrolleren må også økes fra 5-24V for å kjøre ventilene på trykkluftanlegget, via den elektriske spolen på den.

En mulighet her er å bruke et rele, der styrespenningen er 5 Volt og hovedspenningen er 24 Volt.



1.4 Valg av oppgave

Bakgrunnen for valget av denne oppgaven er et ønske om å få en dypere forståelse for elektronikk og pneumatikk. Bachelorstudenten har valgt å fokusere på oppkobling av anlegget og utfordringene dette medfører og ikke så mye det som har med programmering å gjøre. Bakgrunnen hans er at han er utdannet bilmekaniker og dermed har mer erfaring med slike problemstillinger. Studenten har jobbet litt med 12 Volts anlegg på bil tidligere og håper at det skal gjøre oppgaven lettere. En eventuell arbeidsgiver liker at en har en bred bakgrunn og jo flere evner man kan skilte med, jo bedre kandidat er man.

Styring med mikrokontroller er en økonomisk og enkel måte å automatisere på. Det er ønskelig å få et innblikk i anlegget, både globalt og på komponentnivå. Å få sydd sammen et fungerende anlegg, der komponentene fungerer sømløst med hverandre er utfordrende. Å velge riktige komponenter er også en viktig del av oppgaven. Det kan eksempelvis være små feil eller funksjoner som er lett å overse, som kan skade andre komponenter globalt i anlegget.

2. Teori

Riggen består av flere pneumatiske sylindere, som i et samspill skal utføre et ønsket resultat. I dette tilfellet er det å flytte aluminiumsplater på forskjellige måter og fordele de på tre forskjellige plattformer. Den skal simulere et samlebandsprinsipp.

De pneumatiske sylindrene blir styrt av de pneumatiske ventilene som har elektriske spoler som åpner hhv. lukker ventilene. Når spolen som er koblet til den pneumatiske ventilen får strøm endres posisjonen til stempelet i sylindren og den får en annen funksjon, i dette systemet endrer stemplene posisjon. I trykkluftsystemet er det også en vakuumport med en sugekopp som har som oppgave å suge opp og slippe aluminiumsplatene. Vakuumporet oppstår ved at trykkluften blåses forbi vakuumporten og ut i friluft via et messingfilter. Dette vakuumporet oppstår som følge av venturi-effekten. Når luften blåses forbi porten, vil også luften utenfor bli påvirket i form av et vakuumporet.

Det elektriske anlegget på riggen, er på 24 volt (spolene på ventilene). Nettspenningen må reguleres ned fra 240 Volt. Her brukes en power-supply som har 240 Volt vekselspanning inn og 24 Volt likespenning ut, slik at spolene i ventilene og sensorene får riktig spenning.

Power-supply



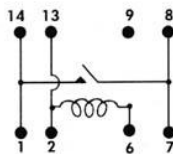
Arduino mikrokontrolleren må ha signal fra sensorene som har mellom 3 og 5 Volt. Dette gjøres med en spenningsdeler. Spenningsdeleren regulerer ned spenningen til ønsket nivå.

Hovedspenningen fra mikrokontrolleren og ut til spolene på ventilene må gjøres om fra 5 Volt til 24 Volt. Dette gjøres med et DIL-rele.

Arduinoen (mikrokontrolleren) står for styringen av hele riggen, dette kan programmeres etter eget ønske. Dette er en generell global oversikt over riggen, videre gjennomgås riggen på komponentnivå.

2.1. Det elektriske anlegget

2.1.1. DIL-rele (Dual Inline rele)

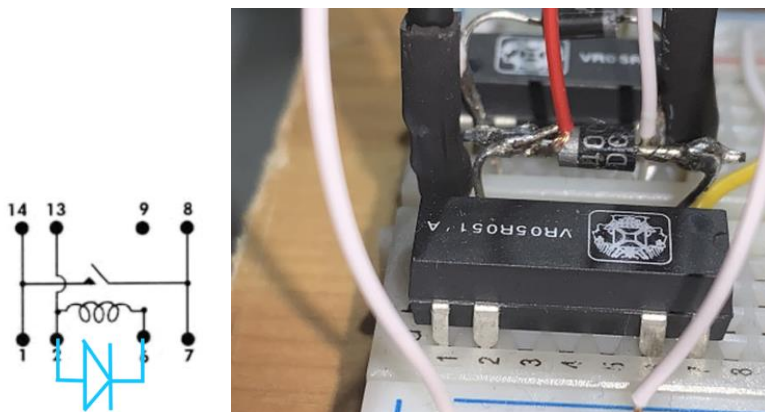


Reléet har fått navnet dual inline rele fordi det er et dobbelt sett med koblingspinner på det. Dette er gjort for å forenkle tilkobling av ledninger. De har flere fordeler i forhold til et elektromekanisk rele. Det er mindre, noe som gjør at en stor oppkobling mindre plasskrevende. Levetiden blir lengre, det blir ikke slitt mekanisk på samme måte som et elektromagnetisk rele. Dersom det er nødvendig kan det bryte kretsen ti ganger raskere enn et em-rele (Drive Innovation and Productivity, 2022). Det er bygd opp slik at spolen går rundt et rør av glass. Inni glassrøret er hovedkontaktene, kontaktene slår sammen når styrekretsen får strøm. Da oppstår et elektromagnetisk felt som slår bryteren sammen og releet begynner å lede strøm gjennom hovedkursen.

Reléet har en styrespenning fra 3-5 Volt. Styrekursen får et signal fra mikrokontrolleren, når sensorene er i + eller -. Avhengig av programmeringen av Arduinoen, vil spolen i ventilen få 24 Volt gjennom hovedkursen i DIL-reléet.

Reléet er normalt åpent og slutter 24 Volts-kretsen når det får spenning inn på lavspenningsdelen. Koden på dette releet er VR05R051A.

Reversdiode

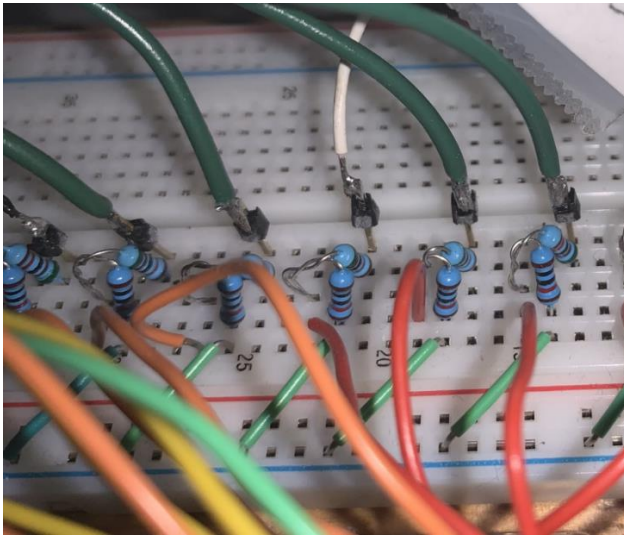


Bildet viser DIL-releet oppkoblet med diode over spolen, dioden er grå og svart på bildet. Det finnes rele med innebygd reversdiode, men her måtte studenten lodde på diodene selv.

DIL-relêet må ha en reversdiode (tegnet inn på releet på bildet med blått) påmontert for å sikre Arduinoen mot transiente spenninger (toppspenninger som kan oppstå da det er en liten spole i relêet, som åpner og lukker hovedkretsen i relêet). Reversspenningen oppstår i spolen når magnetfeltet til releet kollapse. Dioden (The engineering mindset, 2020) fungerer ved at den sperrer strømmen tilbake til Arduinoen. Den er topolet og leder strøm i bare den ene retningen. Polene kalles anode og katode. Lederretningen er fra anode til katode. Sperreretningen er fra katode til anode, her slippes ingen strøm gjennom. På figuren er lederretningen fra 2 til 6 og sperreretningen fra 6 til 2.

Noen slike releer har en reversdiode innebygd, diodene i dette prosjektet må loddess på. De vil da få den samme funksjonen.

2.1.2. Spenningsdeler



Her kan man se spenningsdelerne på et av koblingsbrettene på riggen, spenningsdelerne består av de to blå motstandene som er koblet sammen. Her ser en at 24 VDC+ kommer inn på den grønne ledningen øverst, den kommer fra en av sensorene. Den øverste av motstandene er på 51 kΩ og den nederste er på 10 kΩ. De to diodene er tvinnet sammen og koblet inn på brettet. Den røde ledningen er i kontakt med den tvinnede delen, via koblingsskinna, da vil 3.93 Volt gå derfra og som signal inn på Arduinoen. Den grønne ledningen går til 24 VDC-.

En spenningsdeler er en enkel og økonomisk måte å få ned spenningen på. I dette anlegget må spenningen reguleres ned fra 24 Volt til 5 Volt før spenningen kan benyttes som signaler fra sensorene (inn til Arduinoen). Prinsippet med en spenningsdeler består av at en setter to motstander i serie. Dersom man i utgangspunktet har 24 Volt og vil ha dette ned til 5 Volt, finner man to motstander der den ene utgjør ca. 4/5 av totalt spenningsfall, den andre motstanden utgjør 1/5 av totalen. Spenningsfallet over R1 gjør at man havner på tilnærmet ønsket spenningsnivå. Praktisk kobler man seg inn etter R1, da det er der den riktige utspenningen ligger. Det totale spenningsfallet over begge motstandene er på 24 Volt. I dette tilfellet utgjør den første motstanden (R1) 80% av totalt spenningsfall og den andre motstanden (R2) de resterende 20%. De motstandene som var tilgjengelig var R2=10 kΩ og R1=51kΩ. Den andre motstanden R2 kobles mot jord.

En kan beregne dette med formelen,

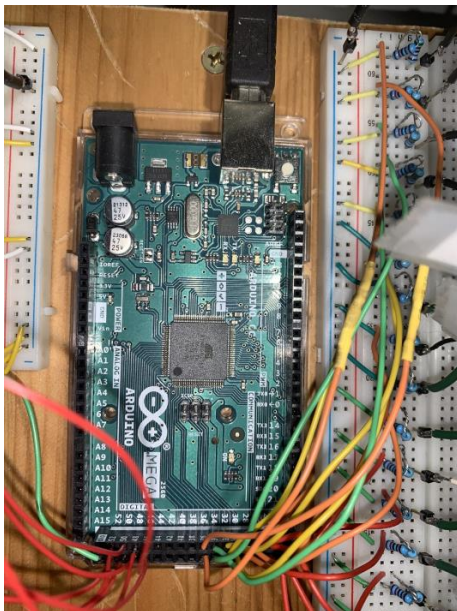
$$U_{ut} = U_{inn} \times R2 / (R1 + R2)$$

$$U_{ut} = 24V \times 10 \text{ k}\Omega / (51 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega) = 3.934 \text{ Volt.}$$

Utregningen gir 3.93 Volt, noe som er litt i underkant av ønsket på 5.0 Volt.

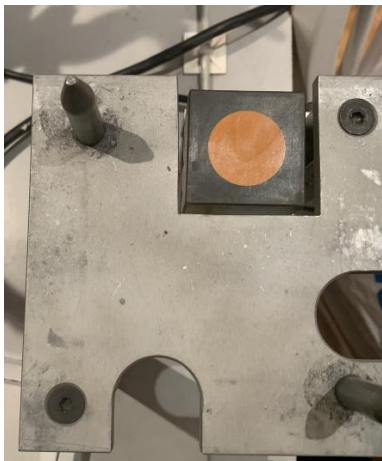
Arduinos I/O porter fungerer med alt fra 3.3 Volt til 5.0 Volt. Hvis riktige motstander hadde vært tilgjengelig hadde det vært optimalt å komme nærmere 5.0 Volt.

2.1.3. Arduino Mega



Her er Arduinoen koblet inn i ledningsnett på riggen, i denne oppgaven skal vi ikke gå nærmere inn på mikrokontrolleren.

2.1.4. Sensorer



Dette bildet er av plattform 3, sensoren er den firkantede plastboksen med oransje sirkel på. Den føler om en plate er til stede eller ikke.

Det er 16 sensorer på anlegget. Sensorene på dette anlegget er posisjonssensorer, de fungerer ved hjelp av induktans. De induktive givene trigges av nærværet av metall. Jobben til sensorene er å sende signaler til Arduinoen. Dersom en sensor er trigget, sendes et signal til mikrokontrolleren som avhengig av programmeringen f.eks. kan gi et signal ut fra Arduinoen om å endre et stempels posisjon i en sylinder. Dette skjer ved at en spole får strøm fra mikrokontrolleren og endrer posisjonen til en pneumatisk ventil, som da slipper luften ut fra den ene siden av stempelet og fyller luft i den.

2.2. Det pneumatiske anlegget

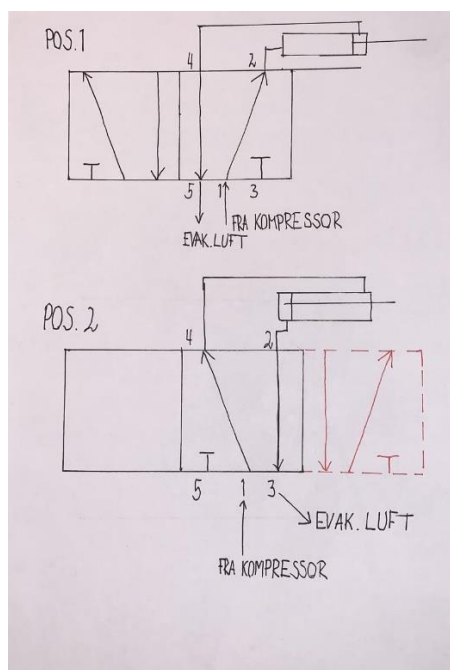
2.2.1. Kompressor

På anlegget brukes en stempelkompressor fra Biltema. Den har en tank på 24 liter og maks arbeidstrykk på 8 bar. Fri avgitt luftmengde er angitt til 100 l/min ved et trykk på 6 bar. Kompressoren skal være mer enn tilstrekkelig til riggen som har saktegående stempler og ikke noen form for roterende forbrukere, som forbruker mye luft. Det som kan bruke litt mer luft enn sylindrene er vakuumporten V5, da denne blåser trykkluft ut i friluft.

2.2.2. Ventiler



Her ser en ventilgalleriet på riggen, med tilhørende spoler.



Her er en forenklet skisse, for å vise funksjonen til en 5/2-ventil.

Posisjon 1 viser hvordan trykklufta går fra port 1 til port 2 og deretter i bakkant på den dobbeltvirkende sylinderen, noe som gjør at stempelet går i plussposisjon. Det er åpent fra port 2 til port 3, den slipper ut lufta slik at stempelet klarer å bevege seg. I motsatt fall ville lufta blitt komprimert når stempelet skulle gått i plussposisjon og muligens låst seg.

For å komme til posisjon 2, får en spole på ventilen strøm (ikke tegnet inn på skissen). Ventilen endrer posisjon og ventilen får motsatt funksjon. Stempelet går i minusposisjon. Nå går

trykklufta fra port 1 til port 4, fortsetter inn på oversiden av stempelet. Evakueringslufta går fra port 2 til port 3.

På anlegget er det to typer pneumatiske ventiler som brukes, 5/2-unistabil ventil og 5/2- bistabil ventil. Uttrykket 5/2-ventil forteller at det er 5 porter og 2 posisjoner stemplet kan være i. Det er to unistabile og tre bistabile ventiler på anlegget. Sylindere 1(C1) og vakuumporten (V5) har unistabile ventiler. Sylinderne C2, C3 og C4 har bistabile ventiler.

5/2-unistabil ventil:

En 5/2-unistabil ventil kjennetegnes ved at den har en spole og en fjær. Unistabil ventil defineres som en ventil som går tilbake i hvileposisjon når spolen ikke får strøm. Fjæren gjør at stempelet i ventilen har en default-funksjon. Da går trykklufta fra port 1 til port 2 og gjør funksjonen den er tiltenkt, dette kan være at en sylinder går pluss eller minus, alt etter hvordan trykkluftslangene er koblet. I tillegg er det åpent for at lufta kan evakueres på den motsatte siden av en dobbeltvirkende sylinder som vi har i dette tilfellet, stempelet ville ikke bevegde seg dersom lufta ikke hadde blitt evakuert. Evakueringslufta går fra port 4 til port 5. På anlegget her går sylinder 1 i plussposisjon når ventilen er i utgangsposisjon.

Hvis en setter strøm på spolen, vil ventilen få motsatt funksjon. Da går trykklufta fra port 1 til port 4 og evakueringslufta fra motsatt side av sylinderen fra port 2 til port 3.

5/2-bistabil ventil:

En 5/2-bistabil ventil har to elektriske spoler som betjener ventilen. Bistabil ventil defineres ved at stempelet blir stående i en gitt posisjon, selv etter at spolen ikke får strøm. Dette må tas høyde for ved programmering, da en kan sette strøm på begge spolene samtidig. En må ved bytte av ventilstilling først sette den aktive spolen i LOW og deretter sette den andre i HIGH. Gjør en ikke det, får en ikke ønsket funksjon. I posisjon 1 går trykklufta fra port 1 til port 2 og evakueringslufta går fra port 4 til port 5. I posisjon 2 går trykklufta fra port 1 til port 4 og evakueringslufta går fra port 2 til port 3.

2.2.3. Sylindere



På bildet ser en sylinder 3, den er for øyeblikket i minusposisjon (bakre posisjon). Det går en slange inn i bakkant av sylindere og en slange går inn i motsatt ende.

På anlegget er det fire pneumatiske dobbeltvirkende sylindere og en vakuumbobling med sugekopp påmontert. Alle disse blir styrt av ventilene som i sin tur blir styrt av mikrokontrolleren. Sylinder 1 er den eneste som virker i z-retningen. Alle de andre sylindrene virker i xy-planet.

Sylinder 1 (C1)

Denne sylindere beveger seg i z-retningen, som den eneste på hele anlegget. Ventilen til sylinder 1 er en 5/2 unistabil ventil. Det er en spole og en fjær på denne ventilen. Den er koblet slik at sylinder 1 går i default-funksjon, med stempelet i plussposisjon, når trykkluften kobles til. Sylinder 1 er dobbeltvirkende. Når spolen på ventilen får strøm, går sylinder en i minus-posisjon. I motsatt tilfelle, når spolen ikke får strøm, gjør retur-fjæren på ventilen at den går i hvileposisjon. Da går stempelet opp igjen. Sylindere er dobbeltvirkende med en trykkluftkobling i hver ende av sylinderkroppen. Stempelet beveger seg hele sylindrelengden. Det er ikke noen form for justering av gjennomstrømming av luft på denne sylindere. En kan ikke justere hvor raskt den går fra minus til plussposisjon, eller motsatt. Denne sylindere er den som tar med seg aluminiumsplatene opp fra plattformene ved hjelp av sugekoppen på vakuumbobling 5. Posisjonssensorene S1 og S2 er påmontert i endeposisjonene til C1.

Sylinder 2 (C2)

Sylinder 2 beveger seg i xy-planet. Det er en dobbeltvirkende sylinder. Den blir styrt av en 5/2 bistabil ventil med to spoler. Denne sylindere og dets stempel avgjør sammen med sylinder 3 og sylinder 1 hvilken plattform platene skal leveres til. Sylindere gjør rotasjon om stempelet til sylinder 1 sin z-

akse mulig. Når C2 er i minusposisjon, kan platene hentes eller leveres på plattform 1 eller plattform 2. Når C3 er i minus, kan plater hentes eller leveres på plattform 1. Når C3 er i pluss, kan platene hentes eller leveres på plattform 2. Dersom plater skal hentes eller leveres på plattform 3, er C2 i plussposisjon. C1 og C3 må også være i plussposisjon, for å gjøre dette mulig. Posisjonssensorene S3 og S4 er påmontert i endeposisjonene til sylinder 2. På denne sylindere er det mulig å justere gjennomstrømmingen av luft, for å regulere hastigheten på slaget. Det er montert en strupeventil i begge trykkluftportene på sylindere, så hastigheten kan justeres forskjellig når stempelet går i plussposisjon eller minusposisjon.

Sylinder 3 (C3)

Sylinder 3 er dobbeltvirkende. C3 står vinkelrett på og i sentrum av C1, den er montert oppå C1. Denne sylindere beveger seg også i xy-planet. Sylinder 3 styres av en 5/2 bistabil ventil med to spoler. C3 muliggjør en rettlinjete bevegelse, i motsetning til C2, som gjør at C3 roterer om aksene til sylinder 1 (C1). Sylinder 3 blir styrt av en 5/2 bistabil ventil med to spoler. I samspill med C1, C2 og V5 kan C3 plukke opp eller legge ned plater på alle 3 plattformene. Når C2 er i minusposisjon, kan plattform 1 betjenes, dersom C3 er i minusposisjon. Plattform 2 betjenes når C3 går i plussposisjon. Dersom C2 er i plussposisjon kan plattform 1 og 3 betjenes etter hvorvidt C3 er i pluss eller minusposisjon. På sylinder 3 er det to posisjonssensorer, S5 og S6. Det er ingen regulering av gjennomstrømming av luft på denne sylindere.

Sylinder 4 (C4)

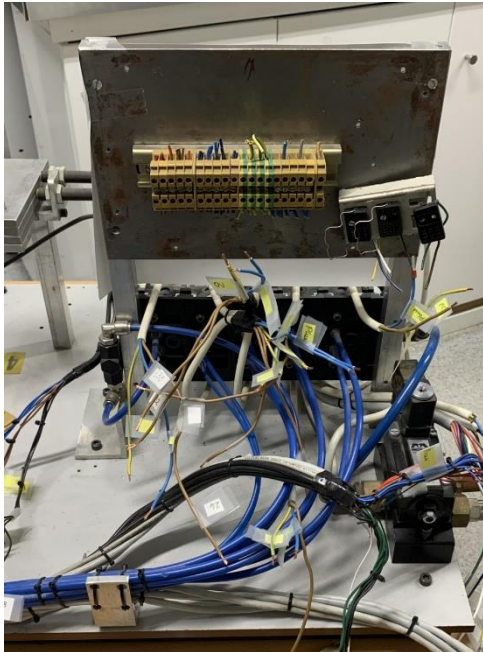
På hver av plattformene er det to koniske styretapper som gjør det mulig at platene ligger der de skal. Konisiteten er der for å kompensere for litt unøyaktighet slik at platene lettere skal komme ned på styretappene. Da det er kun to hull i hver plate (diagonalt plassert) og sylinder 2 roterer sylinder 1 om sin egen akse, må platen også roteres. Sylinder 4 styres av en 5/2 bistabil ventil med to spoler. Sylinderen er dobbeltvirkende. Vakuumporten V5 som står loddrett på platene, i enden av C3, roterer om sin egen akse ved hjelp av sylinder 4. Dersom platen skal gå fra plattform 1 til 3, må platen roteres om sin egen akse, dette ved hjelp av C4. Sylinder 4 roterer V5 90 grader, noe som motvirker sylinder 2 sin rotasjon om sylinder 1, den roterer også 90 grader. Dersom plattform 3 skal benyttes, er det ikke nødvendig å rotere V5. I endeposisjonene til C4 er det to posisjonssensorer, S7 og S8. Det er ingen justering for gjennomstrømming av luft på sylinder 4.

Vakuumport 5

Vakuumporten V5 styres av en 5/2 unistabil ventil, med en spole og en fjær. I hvileposisjon er det ikke vakuum på sugekoppen. Fjæra holder ventilen i hvileposisjon. Når spolen får strøm, kommer det trykk fram til V5 som fungerer etter venturi-effekten. Trykkluft går gjennom en innsnevring (venturi) og ut i friluft, noe som skaper et vakuum gjennom sugekoppen som står montert på V5. Når dette vakuemet

oppstår og sugekoppen er i kontakt med en av aluminiumsplatene, kan platen løftes ved hjelp av sylindrer 1.

3. Metode



Her er noen bilder fra da bachelorstudenten mottok riggen. Mye av arbeidet bestod i feilsøking og oppkobling av ledninger. Alle ledningene som hadde vært koblet opp mot PLS-ene var avklipt. Det ble til at nytt ledningsnett måtte kobles opp. Den største utfordringen var egentlig hvordan mikrokontrolleren skulle kobles opp. Sensorene og spolene på ventilene var 24 Volt og Arduinoen jobber med 5 Volt



Dette innebar at spenningen måtte reguleres ned før Arduinoen og reguleres opp igjen etter den.

Oppgaveteksten går på å oppgradere en pneumatisk rigg. Riggene er utformet som en liten skala plukkrobot. Den har tidligere vært styrt ved hjelp av en Mitsubishi PLS-er og en Siemens PLS. PLS betyr programmerbar logisk styring.

Studenten fikk velge om han ville gjøre en rent teoretisk oppgave eller om han ville ha en kombinasjon av teori og praksis. Valget falt på det siste, da studenten har mer erfaring med arbeid på denne måten.

PLS-ene var fjernet fra riggen før oppgaven startet. Riggen skal oppgraderes til styring ved hjelp av en Arduino Mega.

Jobben riggen skal gjøre er å flytte aluminiumsplater frem og tilbake på tre forskjellige plattformer etter et programmert sekvensdiagram (programmering skal ikke være en del av oppgaven). De tre platene kan f.eks. ligge på en plattform hver, eller alle tre på en, alt etter hvordan mikrokontrolleren programmeres.

Den største utfordringen med riggen var å koble opp alle de løse ledningene til ønsket funksjon. Da riggen mest sannsynlig senere skal brukes til utdanningsformål ble selve mikrokontrolleren koblet til ved hjelp av tre forskjellige koblingsbrett. Ledningene som skulle inn på kontrolleren fikk loddet på en koblingspinne som samsvarer med kontaktene i koblingsbrettene.

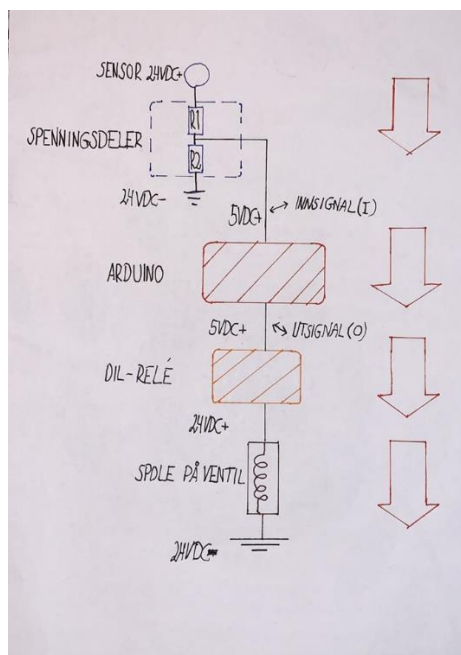
Et annet problem var hvordan man skal integrere en Arduino i et anlegg som er på 24 Volt. Arduinoen krever 5 Volt spenning både som signal inn (I) fra sensorene og ut (O) til spolene på ventilene. Spenningen må reguleres ned før mikrokontrolleren og styres opp igjen som utspenning.

3.1. Tilordningsliste

I/O (Port, I eller O)	Sensor/Pådrag	Funksjon	I/O (Port, I eller O)	Sensor/pådrag	Funksjon
22, I	S1	Sylinder 1+	34, I	S13	Øverste plate på plattform 1, tilstede
23, I	S2	Sylinder 1-	35, I	S14	Nederste plate på plattform 2, tilstede
24, I	S3	Sylinder 2+	36, I	S15	Midterste plate på plattform 2, tilstede
25, I	S4	Sylinder 2-	37, I	S16	Øverste plate på plattform 2, tilstede
26, I	S5	Sylinder 3-	53, O	C1-	Sylinder 1-
27, I	S6	Sylinder 3+	52, O	C2V	Sylinder 2, venstre
28, I	S7	Sylinder 4+	51, O	C2H	Sylinder 2, høyre
29, I	S8	Sylinder 4-	50, O	C3+	Sylinder 3+
30, I	S9	Plate tilstede på V5	49, O	C3-	Sylinder 3-
31, I	S10	Plate tilstede på plattform 3	48, O	C4H	Sylinder 4, høyre
32, I	S11	Nederste plate på plattform 1, tilstede	47, O	C4V	Sylinder 4, høyre
33, I	S12	Midterste plate på plattform 1, tilstede	46, O	V5+	Vakuumpå sugeskopp

Her er en tilordningsliste, den forteller hvilke porter som er koblet til hva. Den er nødvendig å ha ifm. programmering. Ut fra denne listen ser man hva som er inn-porter og hva som er ut-porter.

3.2. Nedregulering/oppregulering av spenning



Skissen viser en prosess som er fremstilt noe forenklet, der man ser at spenningen fra sensoren reguleres ned fra 24 Volt ved hjelp av en spenningsdeler. Deretter går spenningen på 5 Volt inn på en av portene til Arduinoen. Ved hjelp av programmeringen, blir denne porten definert som en inn-port (I).

Inne i mikrokontrolleren, blir det definert hvilken oppgave som skal utføres ved et gitt inn-signal. Dette kan være f.eks. en av spolene på ventilen som styrer sylinder 3. Den skal aktiveres, når sensoren er trigget. I et slikt tilfelle vil en få et 5 Volts spenning på en av portene som er definert som ut-port på Arduinoen.

Da har man utfordringen med å få spenningen opp igjen, da spolen er på 24 Volt. Denne utfordringen løstes ved å bruke et DII-rele. 5 Volts spenningen ut fra mikrokontrolleren, brukes til styrekursen og 24 Volts spenningen, går gjennom hovedkursen i releet.

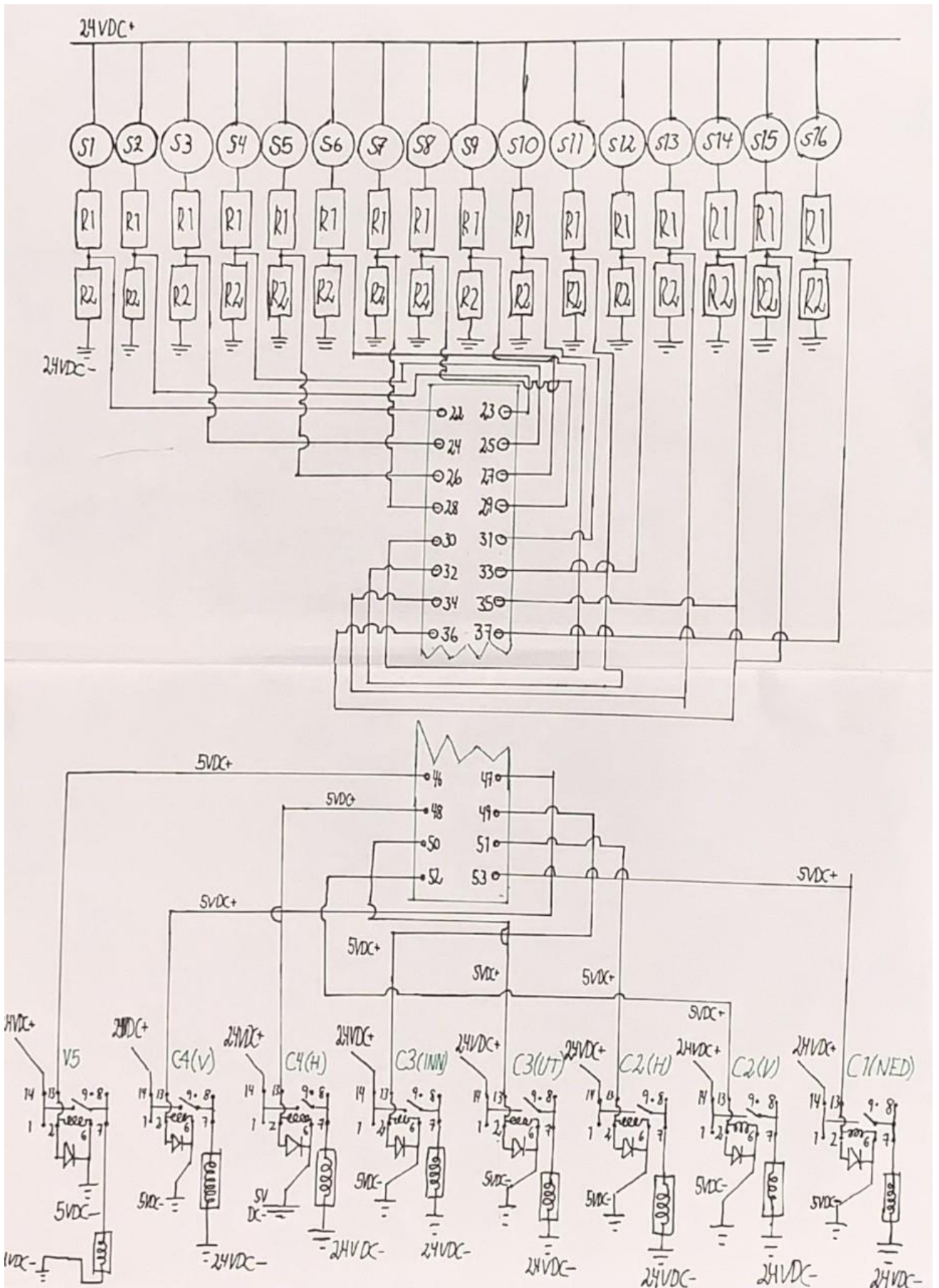
Vekselspenningen på 240 Volt reguleres ned av en power supply, som egentlig er en likeretter og regulator i ett. Likeretting er å gjøre om vekselspenning til likespenning. I tillegg er det en innebygd regulator som regulerer ned spenningen fra 240 Volt til 24 Volt. Da det elektriske anlegget er 24 Volt og Arduinoen fungerer med 5 Volt på I/O-portene, måtte signalspenningen inn til Arduinoen reguleres ned. I utgangspunktet ble regulatorer bestilt, men valget falt på å bruke spenningsdelere. En spenningsdeler fra hver sensor. Det er 16 sensorer på anlegget. Valget falt på dette, da det er billigere og like stabilt som å bruke regulator.

Arduino

Inni mikrokontrolleren blir programmet en skriver lastet opp. Avhengig av programmeringen, reagerer ut-portene på signal fra inn-portene. Dersom en sensor er (HIGH), kan man f.eks. programmere at en ut-port også går (HIGH) eller (LOW). Mikrokontrolleren har nå fått spenningen fra sensorene ned. Nå er utfordringen å få spenningen opp igjen.

24 Volt utsignal fra Arduino

Spenningsomformingen på ut-portene (O) foregår ved hjelp av et DIL-rele. De har en styrekurs på 5 Volt. Når inn-signalet er prosessert i mikrokontrolleren kommer en styrespenning på 5 Volt inn på releet. Dette igjen åpner 24 Volts delen av kretsen, som videre gir strøm på spolen i den ventilen det angår.



Komplett koblingsskjema, elektrisk

Øverst ser en 24VDC+ (Volt Direct Current) tilførselen, den kommer fra powersupply-enheten som likeretter og regulerer 240VAC (Volt Alternating Current), ned til 24 Volt.

Inn på Arduino

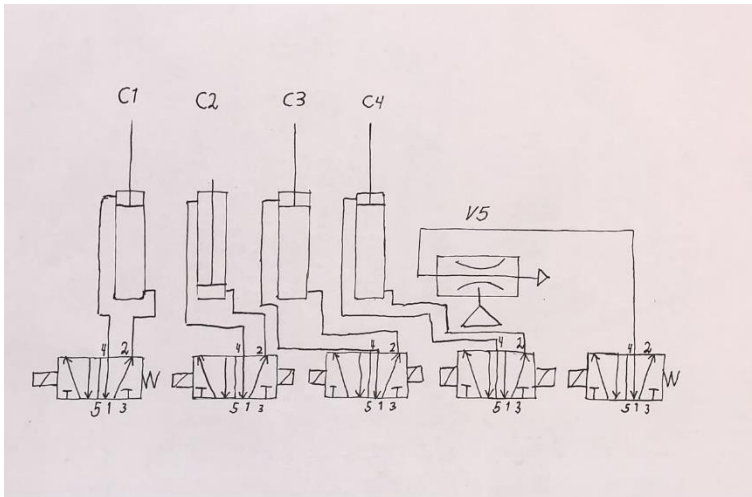
Under 24VDC-tilførselen er det 16 sensorer, som hvis de er aktive sender signalspenning på 24 Volt. Før signalet behandles i Arduinoen, må det reguleres ned ved hjelp av spenningsdelerne. R1 og R2 sammen utgjør spenningsdeleren. Etter R1 er spenningen 3.93 Volt, noe Arduinoen tåler og signalet sendes videre. R2 går videre til 24VDC-. Her er inn-portene fra sensorene koblet f.o.m. port 22 t.o.m. port 37 på mikrokontrolleren.

Ut fra Arduino

Avhengig av hva som er programmert i mikrokontrolleren, gir den spenning ut f.o.m. port 46 t.o.m. port 53. Nå får DIL-releet 3.93 Volt spenning inn på koblingspinne 2, gjennom spolen og jordes fra koblingspinne 6. Det gjør at hovedkursen på 24VDC+ sluttes og strøm kan passere mellom koblingspinne 1 og koblingspinne 7. Deretter går 24VDC+ fra koblingspinne 7 gjennom spolen, som aktiverer riktig ventil for riktig funksjon ift. programmeringen og deretter til 24VDC-.

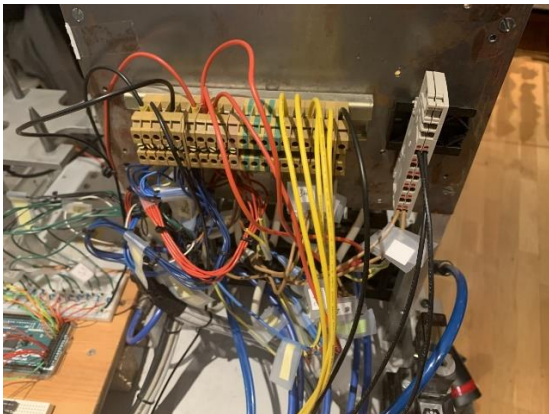
3.4. Pneumatikk

3.4.1. Pneumatisk koblingsskjema

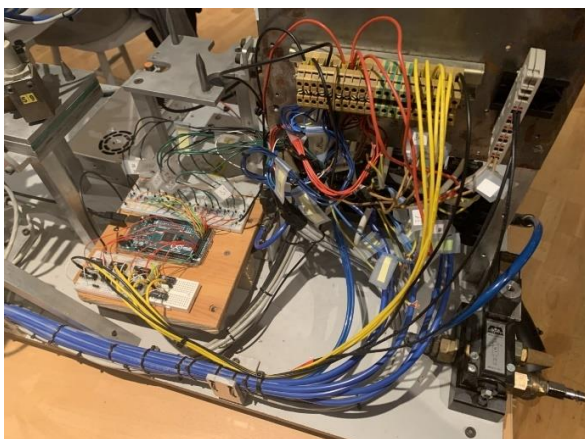


Sylinder1 (C1), styres av en 5/2 unistabil vent. Sylinder 2 (C2), 3 (C3) og (C4) er 5/2 bistabile ventiler. Vakuumporten (V5), er porten som suger opp platene. V5 fungerer etter venturiprinsippet, den styres som sylinder 1 av en 5/2 unistabil vent.

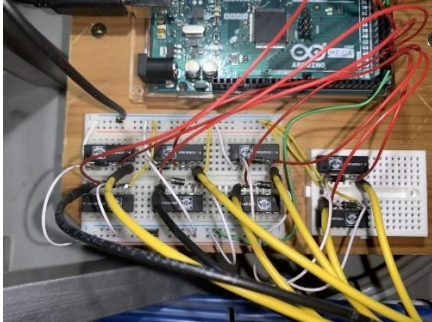
3.5. Oppkobling av elektrisk anlegg



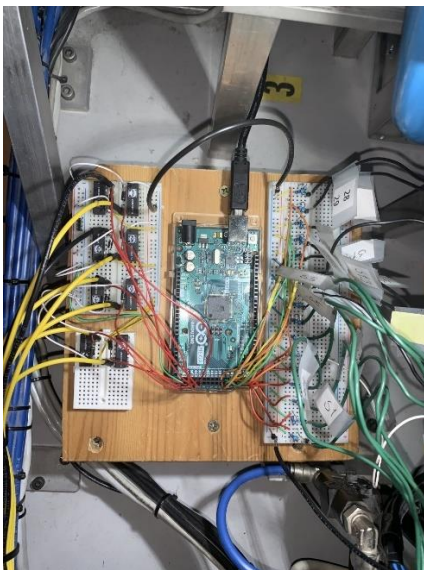
Rekkeklemmer med 24 Volts koblinger.



Her ser man hele oppkoblingen, fra rekkeklemmene, til spenningsdelerne på det øverste koblingsbrettet. Deretter inn på Arduinoen og ut til DIL-releene. Til slutt, 24 VDC+ ut til spolene på ventilene.



Et bilde som fokuserer på DIL-releene. En ser at 5VDC+-kablene (de røde) er påkoblet releene. De gule kablene går til spolene på ventilene. Her ser man også platen studenten skrudde fast på riggen, for å gjøre koblingene mest mulig stabil.



Her er et oversiktsbilde som viser store deler av oppkoblingen studenten gjorde. DIL-releer til venstre, Arduinoen i midten og spenningsdelere til høyre. De grønne ledningene til høyre er 24 VDC+, går via spenningsdeleren og gir 5 VDC+ som inn-signal fra sensorene på mikrokontrolleren. Ut fra Arduinoen Går 5 VDC+, via DIL-releene, som styrespenning. Kontaktene i styrekursen slås sammen og gir 24 VDC+ til de aktuelle spolene på ventilene.

4. Drøfting

Prosjektet kunne vært utført på mange måter og med mange forskjellige komponenter. Selve riggen og måten plattformene er satt opp på, kunne vært gjort på en enklere måte. Her er plattformene plassert slik at en først må senke sylinder C1, da den står default i pluss når trykkluften kobles til. Når operasjonen er ferdig kobles V5 til, den skaper vakuum og suger til seg en aluminiumsplate. C1 går pluss igjen, C3 går også pluss og vrir platen om Z-aksen i C1. I tillegg må C4 gå minus og rotere om plateaksen slik at tappene på plattformen samsvarer med hullene i platen. Neste operasjon er at C1 går minus igjen. V5 går minus og vakuomet opphører. Den første platen er nå levert på plattformen til venstre. C3 går minus igjen og går tilbake til plattformen i midten, som også er plattformen der alle platene ligger i begynnelsen av programmet.

Dette er stegene som må til bare for å få en plate plassert på en plattform. Dette utgjør ni forskjellige operasjoner. Det totale programmet utgjør 59 stempelbevegelser og vakuum på/av. Dersom en har hatt plattformene etter hverandre og har byttet sylinder C3, til en 4-posisjons sylinder, ville programmeringen og selve operasjonene tatt mindre tid. En 4 posisjons-sylinder har tre sensorer som må tas høyde for ved programmering. Dersom riggen eller en lignende rigg hadde vært i bruk på en fabrikk ville produktiviteten gått opp, da en har fått en god del mindre steg i produksjonsprosessen. En ville fått 5 steg i stedet for ni på hvert utlegg av en plate. Dette gjør at programmeringen og utformingen av riggen i sin helhet, blir mye enklere og det blir lettere å utføre vedlikeholdsarbeid. Da dette er en rigg laget for utdanning, gir det mening med oppsettet som det er.

Kretskort

Hvis riggen skulle vært i bruk på en annen, mer permanent måte, hadde det vært hensiktsmessig og loddet kontaktene på en plate, som et kretskort med loddeøyser. Ved testing av sylindrene via Arduino, var det flere ganger ønsket funksjon ikke ble oppnådd. Etter litt feilsøking fant studenten fant at det var DIL-releene som hadde løsnet fra koblingsbrettet. Dette hadde vært unngått dersom, releene hadde vært loddet.

Regulator

I utgangspunktet var planen å bruke en regulator, i stedet for spenningsdeleren. Regulatoren kan ta imot opp til 35VDC inn og levere 5 VDC til mikrokontrolleren. På dette anlegget er det 24 Volt. Prinsippet med spenningsdeler virket enklere, da motstandene var tilgjengelig, men regulator måtte bestilles.



Transistor

I stedet for DIL- releene kunne transistorer vært benyttet. Med transistor kan 5 VDC forsterkes opp til 24 VDC. Studenten har ikke jobbet med transistorer tidligere, men releer er kjent stoff. Derfor ble dette brukt.

Sensor

Den ene sensoren som gir signal når sylinder 3 (C3), er en inverssensor. Dette betyr at sensoren forteller mikrokontrolleren at sylinder 3 er i plussposisjon, når sensoren ikke er HØY. Dette kan føre til forvirring ved programmering. Det anbefales at alle sensorer fungerer på samme måte.

5. Avslutning

Problemstillingen var å bygge om riggen fra styring med PLC til Styring med mikrokontroller (Arduino). Studenten begynte med å få et generelt overblikk over riggen, både for å finne ut riktig måte å gå frem på og hva som måtte bestilles av deler og annet materiell. Det som var den største utfordringen, var å finne ut hva som måtte til for å få 24VDC ned til 5VDC og deretter opp til 24VDC igjen. Dette p.g.a. Arduinoen som må ha mellom 3 og 5 Volt for å fungere. Valget falt til slutt på spenningsdeler og DIL-releer. Andre utfordringer dukket også opp etter hvert. Releene som ble bestilt, var uten reversdiode. Det skapte en del merarbeid. Diodene måtte loddes på over spolene på releene.

Alt ble først koblet opp for å bekrefte at riggen fungerte. Dette ble testet uten noen styring i form av mikrokontroller.

Studenten skrudde fast en plate i tre midt på riggen for å stabilisere koblingene. Koblingsplatene og mikrokontrolleren ble limt fast oppå denne plata. I mangel av testkabler ble det påloddet koblingspinner på alle ledninger, noe som fungerte bra.

24VDC kablene ble først koblet inn, fra sensorene og ned til trebrettet. Der ble spenningen redusert til 5VDC, før signalene går inn på Arduinoen. Signalene blir behandlet etter et program i mikrokontrolleren og et utsignal blir generert. 5VDC ut fra Arduinoen trigger styrekursen på Releet og slipper gjennom 24VDC til spolene på ventilene. Oppgaven er utført i henhold til oppgaveteksten.

Det er en god. erfaring å ha med seg videre. Oppgaven har vært interessant og lærerik. Det å ha forståelse for et system på komponentnivå i tillegg til samspillet mellom komponentene, er bra å ha med seg.

6. Kildehenvisninger

Drive Innovation and Productivity 2022, *How to choose the right relay*, Austin, Texas, viewed 17 July 2022, < <https://www.ni.com/en-no/innovations/white-papers/06/how-to-choose-the-right-relay.html>>

Simscale 2021, *What is the venturi effect*, viewed 17 July 2022, < <https://www.simscale.com/blog/2018/04/what-is-venturi-effect/>>.

The engineering mindset 2020, *Diodes explained*, viewed 17 July 2022, <https://theengineeringmindset.com/the-basics-of-diodes-explained/>.